

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення, практичних занять та виконання
контрольної роботи
з навчальної дисципліни

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ
СИСТЕМ**

*(для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання, спеціальності
192 – Будівництво та цивільна інженерія,
спеціалізація «Водопостачання та водовідведення»)*

Методичні вказівки до самостійного вивчення, практичних занять та контрольної роботи з дисципліни з навчальної дисципліни «Експлуатація очисних споруд водопровідно-каналізаційних систем» (для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізація «Водопостачання та водовідведення») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Г. І. Благодарна, Т. С. Айрапетян, Ю. В. Ярошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 38 с.

Автори: канд. техн. наук Г. І. Благодарна,
канд. техн. наук Т. С. Айрапетян,
канд. техн. наук Ю. В. Ярошенко

Рецензент **К. Б. Сорокіна**, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 27.08.2015 р.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ.....	4
1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
ЗМ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	5
Запитання для самоперевірки.....	5
ЗМ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ.....	7
Запитання для самоперевірки.....	7
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ.....	10
ЗМ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	10
Тема 3 Очисні споруди водопроводу. Реагентне господарство. Процеси змішування і змішувачі.....	10
Приклади розв’язання задач.....	12
Задачі для контрольної роботи.....	16
Тема 4 Підвищення ефективності роботи споруд.....	18
Приклад розв’язання задачі.....	20
Задачі для контрольної роботи.....	22
ЗМ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ.....	22
Тема 7 Споруди механічної очистки стічних вод.....	22
Приклади розв’язання задач.....	25
Задачі для контрольної роботи.....	26
Тема 8 Споруди біологічної очистки стічних вод.....	27
Приклади розв’язання задач.....	30
Задачі для контрольної роботи.....	31
Тема 9 Споруди знешкодження, зневоднення та сушки осаду.....	32
Приклади розв’язання задач.....	33
Задачі для контрольної роботи.....	34
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35
ДОДАТКИ.....	37

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна «Експлуатація очисних споруд водопровідно-каналізаційних систем» є однією з профільюючих дисциплін спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізація «Водопостачання та водовідведення».

Комплексний характер цієї дисципліни обумовлюється наявністю у водопровідних та водовідвідних системах різних споруд, які забезпечують добування води із джерела, очистку до потрібної якості та подачу її споживачу, а також відведення її та очищення.

Системи водопостачання і каналізації міст уявляє собою складний комплекс споруд та устроїв, експлуатація яких потребує систематичного проведення технічних, економічних та організаційних засобів. Від правильного рішення задач, які пов'язані з їх проведенням, залежить не тільки благоустрій міст, але і нормальне життя населення і робота промислових підприємств. Навіть ідеально запроектована, побудована і отлагоджена система водопостачання та каналізації з часом перестає забезпечувати постійно ростущі потреби споживачів. Тому на етапі експлуатації можна здійснити шляхом вишукування та використання внутрішніх ресурсів без додаткових капітальних вкладень, а також у результаті реконструювання системи на підставі її розрахунків з обліком фактичних характеристик споруд і прогнозування змін їх за часом.

У методичних вказівках до самостійного вивчення, практичних занять та контрольної роботи з навчальної дисципліни «Експлуатація очисних споруд ВК систем» наведені задачі, в яких визначаються витрати реагентів на очищення води для різної якості питної та стічної води, потрібність біогенних добавок та витрати стічних вод, які поступають на очисні споруди.

При рішенні задач, що наведені в даних методичних вказівках, необхідно користуватися відповідними нормами проектування, які вказані у них. Задачі можуть бути використані при виконанні курсового, дипломного проектування та контрольних робіт.

1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

Робоча програма

Випробування, приймання до експлуатації споруд та організація експлуатації очисних станцій водопроводу. Загальні положення з обслуговування очисних станцій. Очисні споруди водопроводу. Виробничий контроль за роботою очисних споруд водопроводу та підвищення їх ефективності.

Методичні вказівки

Організація експлуатації систем водопостачання. Експлуатація очисних споруд систем водопроводу, підготовка обслуговуючого персоналу. Експлуатація окремих елементів споруд водопроводу.

Вивчення експлуатації очисних споруд можливо після засвоєння курсу проектування, розрахунків та конструювання споруд. Треба твердо засвоїти технологічні процеси в спорудах й взаємозв'язок між ними, а також споруди для реагентного господарства.

Запитання для самоперевірки

1. Випробування споруд і з якою метою їх здійснюють?
2. При яких умовах і ким споруди можуть бути пред'явлені до здачі в експлуатацію та кому?
3. Які види робіт виконують у підготовчий період пуско-налагоджуваних робіт?
4. Що входить до складу робіт з обслуговування очисних споруд?
5. Які роботи виконують у процесі експлуатації споруд?
6. Види звітності на очисній станції.
7. На основі чого і ким встановлюють методи обробки води?
8. Які основні вимоги пред'являють до завантажувально-розвантажувальних робіт, перевезенню та зберіганню реагентів?
9. Вимоги до зберігання рідких і газоподібних реагентів. Вимоги до складів.
10. Правила перевезення хлору.
11. Способи обліку витрати реагентів і контроль концентрації розчину реагента.
12. За якими основними показниками необхідно слідкувати в процесі експлуатації змішувачів, камер пластівцеутворення, відстійників, які заходи застосовують у випадку порушення нормальної роботи споруд?

13. У чому сутність експлуатації освітлювачів з завислим шаром і як здійснюють контроль за їх нормальною роботою?
14. Як робити очистку й обмив внутрішніх поверхонь освітлювачів, камер пластівцеутворення та відстійників після їх очистки?
15. Планово-попереджувальний огляд і планово-попереджувальний ремонт фільтрів.
16. Як запустити фільтр у роботу?
17. У чому суть експлуатації фільтрів з двошаровим завантаженням, фільтруючі матеріали та вимоги до них?
18. Яка різниця в експлуатації швидких і повільних фільтрів? Які спостереження ведуть за роботою фільтрів і які заходи застосовують для нормальної роботи фільтрів?
19. У чому полягає суть експлуатації установок зі знезараження води хлором?
20. Які заходи застосовують при витoku газоподібного хлору з бочок і балонів?
21. Накреслити схему знезараження води озоном та пояснити сутність експлуатації озонаторної установки.
22. У чому полягає суть експлуатації установок зі знезараження води ультрафіолетовими променями?
23. Які реагенти застосовують для стабілізації води і як здійснюють контроль за стабільністю води?
24. Які вимоги до складів фторвмісних реагентів і фтораторних?
25. Яким чином і на яких спорудах здійснюють знефторювання води?
26. Яким чином досягається знекремнювання води?
27. Яким чином здійснюється контроль за підготовкою води на спорудах?
28. Загальні положення експлуатації водопроводу.
29. Експлуатація реагентного господарства.
30. Експлуатація змішувачів очисних споруд водопроводу.
31. Експлуатація камер пластівцеутворювання.
32. Особливості експлуатації споруд для відстоювання води.
33. Експлуатація фільтрів і контактних освітлювачів очисних споруд водопроводу.
34. Експлуатація установок для знезаражування води.
35. У чому полягає виробничий контроль очисних споруд водопроводу?
36. Умови роботи очисних споруд систем водопостачання.

ЗМ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ

Робоча програма

Загальні питання організації експлуатації. Організація експлуатації, підготовка обслуговуючого персоналу. Планово-попереджувальний і капітальний ремонт. Очисні споруди міської каналізації. Умови роботи очисних споруд міської каналізації. Організація хіміко-технологічного контролю за роботою очисної станції. Експлуатація споруд механічної очистки стічних вод. Решітки. Піскоуловлювачі. Первинні відстійники. Експлуатація споруд біологічної очистки стічних вод. Споруди біологічної очистки стічних вод у природних умовах. Споруди біологічної очистки стічних вод у штучних умовах. Експлуатація споруд знешкодження, зневоднення та сушки осадів. Споруди для осаду знешкодження. Експлуатація споруд із зневоднення та сушки осадів.

Методичні вказівки

Вивчення експлуатації очисних споруд каналізації можливо після освоєння технології очистки стоків, проектування, розрахунків і конструювання споруд. Необхідно знати основи хімії і мікробіології води, чітко орієнтуватися у послідовності розташування споруд в залежності від прийнятої схеми очистки, освоїти технологічні процеси у спорудах та взаємозв'язок між ними.

Запитання для самоперевірки

1. Що розуміють під нормальними умовами роботи очисних споруд каналізації?
2. Що може порушити нормальну роботу очисної станції каналізації?
3. За рахунок чого забезпечуються нормальні умови роботи, очисних споруд каналізації?
4. Хто і якими способами здійснює контроль за роботою очисної станції каналізації?
5. Що підлягає обов'язковому контролю, і якими способами здійснюється контроль?
6. Основні правила експлуатації ґрат, і які вимоги ставляться до експлуатаційного персоналу.
7. Як досягається нормальна експлуатація піскоуловлювачів, причини порушення нормальної роботи і способи усунення?
8. Які вимоги ставляться до експлуатації первинних відстійників?
9. Як видаляється осад із відстійників, які можуть бути неполадки, усунення неполадок?
10. Як здійснюється облік кількості осаду і на основі чого оцінюється ефективність роботи первинних відстійників?
11. У чому суть експлуатації освітлювачів?

12. На основі яких даних здійснюється експлуатація преаераторів і біокоагуляторів та у чому суть експлуатації?
13. Перерахуйте види (найменування) робіт, що виконують для нормальної експлуатації освітлювачів-перегнівачей.
14. Що видаляють із освітлювача, куди дівають зброжений осад, як оцінюється ефективність роботи освітлювача-перегнівача?
15. Які причини можуть порушити нормальну експлуатацію освітлювачів-перегнівачів і способи їх усунення?
16. Як здійснюють пуск у роботу двохповерхового відстійника в експлуатацію?
17. Назвіть можливі порушення роботи двохповерхових відстійників і способи їх усунення?
18. Як здійснюється контроль за ступеню освітлення рідини в жолобах двохповерхового відстійника?
19. Назвіть послідовність пуску метантенка?
20. За рахунок чого забезпечується нормальний процес броження в механіці і як здійснюється технологічний контроль?
21. Як здійснюється контроль за тиском і виходом газу із метантенка?
22. Назвіть причини порушення нормальної роботи метантенків і процесу броження осаду.
23. Обов'язки операторів, що обслуговують метантенки і техніка безпеки.
24. Перерахуйте види робіт при експлуатації мулових майданчиків.
25. Характеристика роботи споруд для біологічної роботи очистки стічних вод в природних умовах.
26. Які роботи виконуються для нормальної експлуатації біофільтрів?
27. Перерахуйте види контролю при експлуатації аерофільтрів?
28. Назвіть вимоги що ставляться до біофільтрів з пластмасовим завантаженням.
29. Перерахуйте види робіт, що виконують при експлуатації вторинних відстійників після біофільтрів?
30. Перерахуйте види робіт, що виконують при експлуатації аеротенків, можливі неполадки і способи їх усунення.
31. Контроль за роботою аеротенка і визначення його ефективності.
32. Наведіть вимоги з експлуатації вторинних відстійників після аеротенків. На основі чого оцінюється ефективність роботи названих відстійників?
33. Які роботи необхідно виконувати при експлуатації полів зрошення, послідовність пуску у роботу полів зрошення і контроль нормального ходу процесу.

34. Які роботи необхідно виконувати для нормальної експлуатації полей фільтрації? Перерахуйте роботи, що виконуються для літньої експлуатації полей фільтрації і види робіт перед настанням зими.

35. Як визначається ефективність роботи полей фільтрації?

36. Перерахуйте види робіт при експлуатації біологічних ставків. Наведіть обов'язки експлуатаційного персоналу.

37. Які роботи необхідно виконати в пусковий період вакуум-фільтрів в період експлуатації, і які обов'язки експлуатуємого персоналу?

38. Наведіть послідовність пуску і зупинку вакуум-фільтра.

39. Експлуатація споруд для зневоднення осаду на центрифугах.

40. У чому полягає експлуатація споруд для термічної сушки осадів.

41. Наведіть обов'язки персоналу, що обслуговують очисну станцію каналізації.

42. Наведіть обов'язки керуючого технічного персоналу.

43. Якими показниками характеризуються робота очисних споруд і очисної станції у цілому.

44. Для чого необхідні планово-попереджувальний огляд (ППО) і планово-попереджувальний ремонт (ППР) на очисній станції каналізації?

45. Організація хіміко-технологічного контролю на очисних споруд водовідведення.

46. Експлуатація споруд для зневоднення осаду на центрифугах.

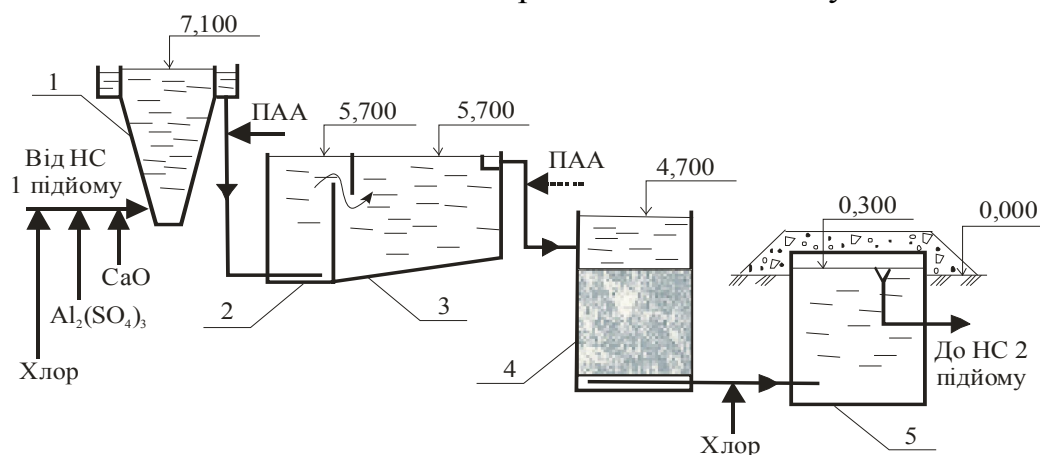
47. У чому полягає експлуатація споруд для термічної сушки осадів.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

ЗМ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

ТЕМА 3 ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОПРОВОДУ. РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО. ПРОЦЕСИ ЗМІШУВАННЯ І ЗМІШУВАЧІ

Відповідно до продуктивності водоочисних споруд, основних показників якості вихідної води і даних таблиці 14 [12] до проектування як слід приймається двоступінчаста схема очищення (рис. 2.1), за якою вода, оброблена реагентами, послідовно піддається очищенню в горизонтальних відстійниках і швидких фільтрах. Для інтенсифікації процесу очищення вихідна вода піддається коагулюванню й обробці флокулянтами. У період нестачі лужності в природній воді і для стабілізації очищеної води передбачається її підлуження.



*Рисунок 2.1 – Висотна схема основних споруд водоочисної станції
1 – вертикальний змішувач; 2 – камера утворення пластівців;
3 – горизонтальний відстійник; 4 – швидкий фільтр;
5 – резервуар чистої води*

В якості коагулянту звичайно використовують: сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$, сульфат заліза $Fe_2(SO_4)_3$, хлорне залізо $FeCl_3$, залізний купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ або флокулянт: поліакриламід (ПАА), скло натрійове рідке.

Вибір дози коагулянту здійснюють згідно з [12] за кольоровістю (C) вихідної води:

$$D_K = 4\sqrt{C}, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.1)$$

або мутністю за таблицею 15 [12]. При одночасному вмісті у воді зважених речовин і кольоровості приймається найбільша з доз коагулянту.

Вапно на станціях обробки води для господарсько-питних цілей застосовується як для поліпшення умов утворення пластівців, так і для стабілізаційної обробки води.

Визначаємо дозу луку для поліпшення процесів утворення пластівців згідно з [12]

$$D_{\text{л}} = K \left(\frac{D_K}{e} - \text{Щ} + 1 \right) \text{ мг/дм}^3, \quad (2.2)$$

де D_K – максимальна в період підключення доза безводного коагулянту, мг/дм³;

e – еквівалентна маса коагулянту (безводного), мг/мг-екв, приймається для $Al_2(SO_4)_3$ – 57; $FeCl_3$ – 54,1; $Fe_2(SO_4)_3$ – 66,7; $FeSO_4$ – 76.

Щ – мінімальна лужність води, мг-екв/дм³; $\text{Щ} = \text{Ж}_K = 2,41$;

K – коефіцієнт, рівний для вапна (за CaO) 28, для соди (з Na_2CO_3) 53, для луку ($NaOH$) 40.

Стабільність води може бути визначена за індексом насичення [12]. Залежно від отриманого значення J встановлюємо необхідність стабілізаційної обробки води вапном, дозу якого визначаємо за формулою

$$d_{\text{л}} = 0,7 \frac{CO_2}{22} + \text{Щ}, \text{ мг/дм}^3. \quad (2.3)$$

При цьому якщо $D_{\text{л}} < d_{\text{л}}$, то як реагент для стабілізаційної обробки води приймається вапно, якщо $D_{\text{л}} > d_{\text{л}}$ – сода, дозу якої приймається за формулою

$$D_c = (D_{\text{л}} - d_{\text{л}}) \cdot 100. \quad (2.4)$$

Метод знезаражування приймаємо згідно з [12].

Для знезаражування передбачена хлораторна установка з вакуумними газодозаторами, розрахована на попереднє хлорування дозою $D_{1x} = 5$ мг/дм³ і вторинне хлорування дозою $D_{2x} = 3$ мг/дм³ [12].

Необхідну витрату хлору визначимо за формулою

$$M_x = M_{1x} + M_{2x} = D_{1x} \cdot Q_{oc} / 1000 + D_{2x} \cdot Q_{oc} / 1000, \quad (2.5)$$

Приготування коагулянту здійснюють у реагентому господарстві в розчинних баках.

Об'єм розчинних баків розрахований на прийом коагулянту від одного самоскида вантажопідйомністю 5 т з розрахунку 1,5 м³ на 1 т коагулянту.

Місткість розчинного баку визначають за формулою:

$$W_p = \frac{Q_{\text{вод}} \cdot t \cdot D_K}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

де D_K – максимальна розрахункова доза коагулянту в перерахунку на безводний продукт, г/дм³;

$Q_{\text{вод}}$ – витрата води, м³/год;

b_p – концентрація розчину коагулянту в розчинному баку у відсотках, звичайно приймається 10–17 % по безводному продукту;

γ – щільність розчину коагулянту в т/м³; приймають рівною 1 т/м³;

T – тривалість роботи станції, на яку розраховується кількість розчину коагулянту для одного затвору, год.

Тривалість повного циклу приготування розчину коагулянту (загрузка, розчинення, відстоювання, перекачування, очистка піддону) при температурі води 10 °С складає 10–12 год. При використанні води з температурою 40 °С тривалість циклу скорочується до 6–8 год.

Час, на яке заготовляють розчин коагулянту, приймають: а) для станцій продуктивністю до 10000 м³/добу при цілодобовій роботі $t=12-24$ год., а при не цілодобовій роботі число t дорівнює числу годин роботи станції на добу; б) для станцій продуктивністю 10000 м³/добу і більше $t=10-12$ год.

Місткість витратних баків визначають за формулою:

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (2.7)$$

де b – концентрація розчину коагулянту в витратному баку у відсотках; приймається рівною 4–10 % в перерахунку на безводний продукт.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Визначити дозу коагулянту при мутності води 100 мг/л та кольоровості 90 град.

Розв'язання. За таблицею 15 [12], необхідна доза коагулянту для осадження грубо-дисперсної зависі повинна бути в межах 25–30 мг/л, тоді як висока кольоровість води потребує для її зниження від 90 град до 20 град відповідно [13] більш високої дози коагулянту

$$D_k = 4\sqrt{90} \approx 38 \text{ мг/дм}^3 > 25 \text{ мг/дм}^3.$$

При одночасній наявності у воді завислих речовин та високої кольоровості приймається більша із доз, визначена з таблиці 15 [12] або розрахована за формулою (2.1).

Приклад 2. Визначити добове споживання у реагенті $FeCl_3$ для станції водо-підготовки, якщо продуктивність станції $Q=18$ тис. м³/сут, мутність 250 мг/л, кольоровість 30 град.

Розв'язання. Доза коагулянту визначається у залежності від якості води.

Для мутних вод $D_k = f(M) = 35 \text{ мг/л}$ (табл. 15 [12] або дод. А).

Для кольорових вод $D_k = 4\sqrt{\Pi} = 4\sqrt{30} = 21,9 \text{ мг/л}$.

Кількість коагулянту

$$G_k = \frac{Q \cdot D_k}{1000 \cdot p_k}, \text{ кг/сут.} \quad G_k = \frac{18000 \cdot 35}{10000 \cdot 97,3} = 647 \text{ кг/сут.}$$

Приклад 3. Визначити об'єм баку, який служить для приготування коагулянту концентрацією 50 г/л $Al_2(SO_4)_3$ при умові, що приготований об'єм розчину витрачається протягом 12 годин. Щільність розчину $\gamma = 1,05$ т/м³. Кількість коагулянту $G = 13,9$ кг/год.

Розв'язання.

Визначаємо кількість коагулянту

$$b = \frac{50 \cdot 100}{1,05 \cdot 1000} = 4,75 \%$$

Об'єм баку, у якому готується розчин коагулянту концентрацією b

$$W_B = \frac{1,2 \cdot G \cdot t \cdot P}{b \cdot \gamma \cdot 1000}, \text{ м}^3.$$

де 1,2 – коефіцієнт, який враховує, що об'єм бака повинен бути більший, ніж об'єм розчину на 20 %.

$$W_B = \frac{1,2 \cdot 13,9 \cdot 12 \cdot 33,5}{4,75 \cdot 1,05 \cdot 1000} = 1,3 \text{ м}^3.$$

Приклад 4. Яку кількість коагулянту необхідно завантажити у розчинний бак для отримання 20 %-го розчину коагулянту $Al_2(SO_4)_3$, якщо об'єм бака $W = 8$ м³, вміст речовини у технічному продукті $p = 33,5$ %, щільність розчину коагулянту $\gamma = 1,1$ т/м³?

Розв'язання.

$$G = \frac{b \cdot W \cdot \gamma}{P}, \text{ т}, \quad G = \frac{20 \cdot 8 \cdot 1,1}{33,5} = 5,25 \text{ т}.$$

Приклад 5. Яку кількість коагулянту необхідно додати у воду, якщо витрата води $Q = 30$ тис. м³/сут, концентрація коагулянту $b = 10\%$, доза коагулянту $D_K = 30$ мг/л, щільність розчину коагулянту $\gamma = 1,05$ т/м³?

Розв'язання.

$$Q_K = \frac{D_K \cdot Q \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad Q_K = \frac{30 \cdot 30000 \cdot 100}{1000 \cdot 10 \cdot 1,05 \cdot 1000} = 8,57 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приклад 6. Визначити об'єми розчинного та витратного баків при розрахунковій витраті очищеної води $Q_{\text{доб}} = 32000$ м³/добу, або $Q_{\text{год}} = 1335$ м³/год, мутності води 700 г/м³.

Розв'язання. При заданій мутності доза коагулянту $D_K = 75$ г/м³ (див. табл. 15 [12] або дод. А).

Оскільки розрахункова витрата води на станції більше 10000 м³/добу візьмемо $n=12$ год. Концентрація розчину коагулянту в розчинному баку $b_p=10$ %. Щільність розчину коагулянту $\gamma=1$ т/м³.

За формулою (2.6),

$$W_p = \frac{1335 \cdot 12 \cdot 75}{10000 \cdot 10 \cdot 1} = 12, \text{ м}^3$$

Місткість витратного баку розраховуємо за формулою (2.7)

$$W = \frac{12 \cdot 10}{5} = 24 \text{ м}^3.$$

Приклад 7. Визначити ємність баку для приготування вапняного молока при розрахунковій витраті підлужованої води 2000 м³/год, при максимальній дозі сульфату алюмінія 40 мг/л, лужності води у джерелі 1,6 мг-екв/л. Число годин, на яке готується розчин $t=12$ ч, концентрація вапняного молока $b=5$ %, об'ємна вага $\gamma=1$ т/м³.

Розв'язання.

$$D_u = K_u \left(\frac{D_k}{e_k} - \text{Щ} + 1 \right), \text{ мг/л}, \quad D_u = 28 \left(\frac{1}{57} 40 - 1,6 + 1 \right) = 2,8 \text{ мг/л}.$$

При вмісті СаО у вапні 50 %, практична доза вапна

$$D_u = \frac{2,8 \cdot 100}{50} = 5,6 \text{ мг/л}.$$

Ємність баку для вапняного молока

$$W = \frac{Q_{\text{зод}} \cdot t \cdot D_u}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3, \quad W = \frac{2000 \cdot 12 \cdot 5,6}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 2,7 \text{ м}^3.$$

Приклад 8. Яка потреба у вапні (активність вапна $p=50\%$), якщо прийнята доза вапна $D=20$ мг/л, а продуктивність споруд $Q=30$ тис. м³/добу?

Розв'язання.

$$G = \frac{D \cdot Q \cdot 100}{p \cdot 1000}, \text{ кг/добу}, \quad G = \frac{20 \cdot 30000 \cdot 100}{1000 \cdot 50} = 1200 \text{ кг/добу}.$$

Приклад 9. Визначити споживність хлору для станції водопідготовки, якщо продуктивність станції зимою $Q=10$ тис. м³/добу, доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ складає 35 мг/л.

Розв'язання. Для первинного хлорування приймаємо дозу хлору 3 мг/л, для вторинного хлорування – 2 мг/л.

Загальна доза хлору $D_k = 3 + 2 = 5$ мг/л.

Споживність хлору визначаємо по формулі

$$G_x = \frac{Q \cdot D_x \cdot 100}{1000 \cdot P} \cdot T, \text{ кг},$$

де Т- час, за який необхідно визначити кількість хлору, Т=180 діб.

$$G_x = \frac{10000 \cdot 5 \cdot 100}{1000 \cdot 100} \cdot 180 = 7200 \text{ кг}.$$

Приклад 10. Визначити дозу реагенту, необхідного для стабілізаційної обробки води, якщо природна вода після обробки має наступні показники: $M=1,5$ мг/л; $Ц=20$ град.; $Щ=4,5$ мг-екв/л; $[Ca^{2+}] = 90$ мг/л; $P=500$ мг/л; $pH=7,65$.

Розв'язання.

Визначаємо індекс стабільності:

$$I = pH - pH_s,$$

де pH_s – водний показник в умовах насичення води, визначаємо його за номограмою рисунок 1 додаток 5 [12]: $pH_s = 7,15$.

$$I = 7,65 - 7,15 = 0,5$$

Оскільки $I = 0,5 > 0$, то вода не є стабільною. Для стабілізації такої води необхідна обробка її кислотою.

Доза кислоти розраховується за формулою:

$$Д = \frac{100 \cdot \alpha \cdot Щ \cdot e}{p}, \text{ мг/л},$$

де α – коефіцієнт, залежний від pH і I , що визначається за [12, дод. Г, номограмою рисунок Г.3] $\alpha = 0,12$.

$Щ$ – лужність води, мг-екв/л;

e – еквівалентна вага HCl , $e=36,5$ мг/мг-екв;

p – вміст в технічній кислоті чистої HCl , $p=32$ %.

$$Д = \frac{100 \cdot 0,12 \cdot 4,5 \cdot 36,5}{32} = 61,6 \text{ мг/л}.$$

Приклад 11. Визначити необхідні дози реагентів для підлужування води при її мутності 700 мг/л та лужності $Щ=1,7$ мг/л. Максимальна доза безводного сульфату алюмінію $Д_k = 75$ мг/л.

Розв'язання. Необхідні дози реагентів для підлужування води розраховують за формулою (2.2) і складають:

гашене вапно –

$$Д_u = 28 \left(\frac{1}{57} 75 - 1,7 + 1 \right) \approx 17,4 \text{ мг/л};$$

кальцинованої соди –

$$Д_u = 53 \left(\frac{1}{57} 75 - 1,7 + 1 \right) \approx 33 \text{ мг/л.0}$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Задача 1. Визначити дозу коагулянту. Вихідні дані для вирішення задачі наведені нижче.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кольоровість, град	180	160	130	200	150
Мутність, мг/дм ³	100	150	200	250	50

Задача 2. Визначити добове споживання реагенту для станції водопідготовки, якщо продуктивність станції влітку Q , м³/сут, мутність M , мг/л, кольоровість C , град.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Коагулянт	FeCl ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃	FeCl ₃	FeSO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃
Продуктивність станції, тис. м ³ /добу	20	35	40	100	50
Кольоровість, град	100	35	50	60	150
Мутність, мг/дм ³	280	160	230	200	350

Задача 3. Визначити об'єм баку, який служить для приготування коагулянту концентрацією b_p г/л при умові, що приготований об'єм розчину витрачається протягом t годин. Щільність розчину γ т/м³. Кількість коагулянту G , кг/год.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Коагулянт	Al ₂ (SO ₄) ₃	FeSO ₄	FeCl ₃	FeCl ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃
Концентрацією b_p , г/л	10	12	15	10	17
Час витрачання розчину, годин	12	10	10	12	24
Щільність розчину γ , т/м ³	1,105	1,1	1,134	1,05	1,226
Кількість коагулянту G , кг/год	14	15	21	10	18

Задача 4. Яку кількість коагулянту потрібно завантажити у розчинний бак для отримання n %-ного розчину коагулянту, якщо об'єм бака W , м³, вміст чистої речовини у технічному продукті p , %, щільність розчину коагулянту γ , т/м³?

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Коагулянт	Al ₂ (SO ₄) ₃	FeCl ₃	FeSO ₄	FeCl ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃
Об'єм бака, м ³	16	6	12	14	10
n %-ного розчину	10	12	14	16	17
Вміст чистої речовини у технічному продукті p , %	33	97,3	98	95	33
Щільність розчину коагулянту γ	1,105	1,109	1,146	1,144	1,19

Задача 5. Яку кількість коагулянту необхідно додати у воду? При наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, тис. м ³ /сут	32	48	50	55	60
Концентрацією b_p , г/л	10	12	10	17	10
Доза коагулянту, мг/л	70	75	55	45	35
Щільність розчину коагулянту, т/м ³	1,105	1,109	1,085	1,19	1,105

Задача 6. Визначити об'єми розчинного та витратного баків при наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, тис. м ³ /сут	2	9	34	46	8
Концентрацією b_p , г/л	10	12	15	10	17
Концентрацією b , г/л	4	6	7	4	10
Час витрачання розчину, годин	12	24	10	12	24
Щільність розчину γ , т/м ³	1,105	1,1	1,134	1,05	1,226
Мутність, г/м ³	800	600	400	200	100

Задача 7. Визначити ємність баку для приготування вапняного молока при наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Розрахункова витрата підлужованої води Q , тис. м ³ /год	5	10	45	8	30
Коагулянт	FeCl ₃	FeSO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃	FeCl ₃	FeSO ₄
Максимальна доза, мг/л	35	45	60	70	80
Лужність води у джерелі, мг-екв/л	1,8	0,7	2,2	0,6	1,7
Число годин, на яке готується розчин t , ч	24	12	10	20	12
Концентрація вапняного молока b , %	2	3	5	4	5
Щільність розчину γ , т/м ³	1	1,1	1,1	1	1,1

Задача 8. Яка потреба у вапні при його активності $p=50$ %? При наступних вихідних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Доза вапна D , мг/л	17,4	20	15	21,3	16
Продуктивність споруд Q , тис. м ³ /доб	35	2	20	15	5

Задача 9. Визначити споживність хлору для станції водо-підготовки при наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Розрахункова витрата підлужованої води Q , тис. м ³ /год	10	100	40	80	30
Максимальна доза Cl , мг/л	5	10	6	7	5
Час, за який необхідно визначити кількість хлору T , діб	180	185	185	180	180

Задача 10. Визначити дозу реагенту, необхідного для стабілізаційної обробки води, якщо природна вода після обробки має наступні показники:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Температура, t , °C	30	25	20	40	35
Мутність, M , мг/л	1,5	2	5	2,5	3
Кольоровість, C , град	20	25	30	35	40
Лужність, $Щ$, мг-екв/л	4	4,5	5	3,5	5,5
$[Ca^{2+}]$, мг/л	85	95	100	90	80
P , мг/л	300	450	500	550	400
pH	7,5	7,8	7,66	7,65	7,75

Задача 11. Визначити необхідні дози реагентів для підлужування води при наступних

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Мутність, M , мг/л	800	700	500	250	300
Лужність, $Щ$, мг-екв/л	1,9	1,5	2	2,5	0,7
Коагулянт	$FeCl_3$	$FeSO_4$	$Al_2(SO_4)_3$	$FeCl_3$	$FeSO_4$
Максимальна доза коагулянту, мг/л	30	45	50	55	70

ТЕМА 4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СПОРУД

В даний час велика увага приділяється інтенсифікації роботи споруд при підготовці питної води, вдосконалення методів очищення та впровадження ресурсозберігаючих технологій [14].

На водопровідних очисних спорудах для відстоювання поверхневих вод широко застосовуються горизонтальні відстійники, які в процесі їх експлуатації зарекомендували себе, як прості і надійні в роботі споруди.

Підвищення ефективності роботи горизонтальних водопровідних відстійників може бути виконано за рахунок: конструктивних методів; збільшення гідравлічної крупності зависі, що коагулюється; зменшення горизонтальної швидкості потоку.

Реконструкція діючих відстійників зводиться до зміни їх конструктивного оформлення в результаті чого може бути або підвищена продуктивність споруд при незмінних якісних показниках освітленої води, або підвищено якість останньої при тій же продуктивності. Тому в кожному конкретному випадку задаються певними вихідними показниками. Наприклад, підвищення продуктивності пов'язане зі збільшенням осадової частини споруди, а підвищення якості - зі збільшенням довжини зони відстоювання [15].

До конструктивних методів, можна віднести установку тонкошарових модулів (рис. 2.2), що призводить до інтенсифікації роботи відстійників і підвищенню їх продуктивності. При малій висоті потоку істотно скорочується довжина траєкторії, на якій, випадають частки. Частинки, що випали в осад завдяки нахилу модуля сповзають на дно відстійника. Збільшення продуктивності відстійників при використанні тонкошарових модулів можливо в 1,5 – 2 рази.

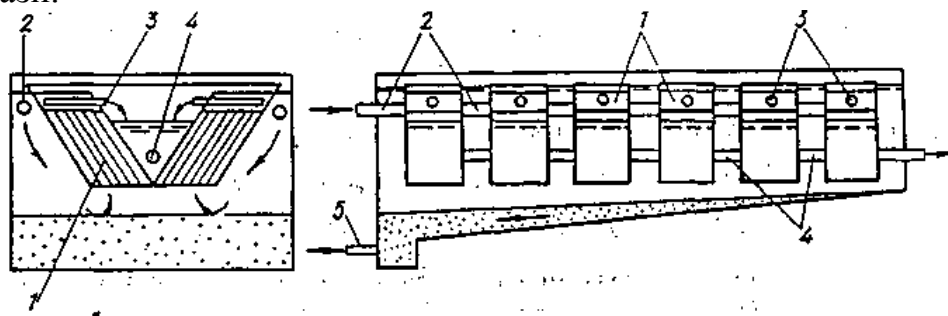


Рисунок 2.2 – Установка тонкошарових модулів в горизонтальному відстійнику:

- 1 – пакети нахилених пластин; 2 – перфорований впускний колектор;
3 – труби для відводу освітленої води; 4 – відвідний колектор; 5 – мулопровод.

Враховуючи характер швидкостей в осередку, а також необхідність такого перебігу потоку, при якому в місцях зміни його напрямку перемішування сповзаючого осаду з шаром освітленої води буде зведено до мінімального, пластини верхнього пакета по відношенню до нижнього повинні бути зміщені на 0,2 – 0,5 величини зазору. З метою забезпечення герметичності пакетів, що розміщуються в ємності, в їх збірності при монтажі пропонується гідравлічний замок (рис. 2.3).

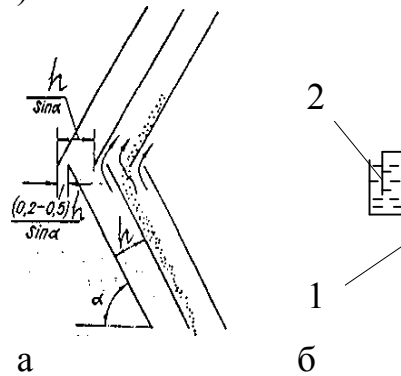


Рисунок 2.3 – Елементи пластин:

а – установка пластин; *б* – установка пакетів за допомогою гідравлічного замка;
1 – стінка пакета; 2 – керамічний розчин (рідке скло)

Для розрахунку тонкошарових відстійників потрібні наступні параметри: площа відстоювання, кут нахилу та довжина пластин. Але для цього спочатку треба знати навантаження на відстійник, яке розраховується за формулою:

$$Q = F \cdot V, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.8)$$

де F – площа зони відстоювання, м^2 :

$$F = B \cdot H_o, \quad (2.9)$$

де B – ширина відстійника, м;

H_o – висота проточної частини, м.

Підставивши формулу (2.9) до формули (2.8) ми отримаємо:

$$Q = B \cdot H_o \cdot V, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.10)$$

Довжину зони відстоювання розраховуємо за формулою:

$$L = K \frac{H_o \cdot V_{cp}}{U_o}, \text{ м} \quad (2.11)$$

де K – коефіцієнт запасу, дорівнює 1,5;

H – середня глибина зони осадження зависі у відстійнику, приймається 2,5 – 3,5 м;

V_{cp} – розрахункова швидкість горизонтального відстійника руху води на початку відстійника м/с, яка приймається для мало-мутних вод 0,006 – 0,008 м/с; для вод середньої каламутності 0,007 – 0,01 м/с; для каламутних вод 0,009 – 0,012 м/с;

U_o – швидкість випадання суспензії, м/с, приймається за таблицею 16 [12] або додаток Б.

Визначимо довжину пакета полиць:

$$L_{nl} = L - \frac{H_{nl}}{\cos 30^\circ} - 2 \cdot \Delta, \text{ м} \quad (2.12)$$

де H_{nl} – повна висота пакету пластин, м;

Δ – зазор між торцем стінки та пакетом, м.

Визначимо довжину пластини пакета полиць:

$$l = \frac{(H_{nl} - a)}{\cos 30^\circ}, \text{ м} \quad (2.13)$$

де a – відстань між верхом пакету й верхньою кромкою пластин, м.

Кількість осередків визначаємо за формулою:

$$n = \frac{L_{nl}}{(h + \delta)}, \text{ шт.} \quad (2.14)$$

де h – зазор по нормалі між пластинами, м (див. рис. 2.3)

δ – товщина матеріалу, з якого робиться тонкошаровий модуль, м;

Площу поперечного перерізу одного осередку визначаємо за формулою:

$$f = 0,755 \cdot b \cdot h, \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

де b – ширина пластин, м.

Площу поперечного перерізу усіх осередків визначаємо за формулою:

$$f_0 = 2 \cdot n \cdot f, \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

Час відстоювання знаходимо за формулою:

$$T = \frac{h}{U \cdot \cos \alpha}, \text{ с} \quad (2.17)$$

Максимальну швидкість потоку знаходимо за формулою:

$$V_{\max} = \frac{l}{T}, \text{ м/с} \quad (2.18)$$

Середня швидкість потоку знаходимо за формулою:

$$V_{cp} = \frac{V_{\max}}{K}, \text{ м/с} \quad (2.19)$$

де K – приймається із додатку Б або таблиці 11 [15], в залежності від каламутності вихідної води.

Навантаження на модернізований відстійник складе:

$$Q_{\text{мод}} = V_{cp} \cdot f_0 \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.20)$$

ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

Приклад. В скільки разів підвищиться навантаження на горизонтальний відстійник (довжина $L=18$ м, ширина $B=2$ м, висота проточної частини $H_0=1,5$ м, загальна висота у кінці споруди $H=2$ м, ухил дна $i=0,1$), який призначений для утримання коагульованих завислих речовин з гідравлічною крупністю $U_0=0,5$ мм/с при початковій концентрації 150 мг/л, ефект очищення 95 %, коефіцієнт запасу $\alpha=1,5$, якщо провести його модернізацію, шляхом установлення вздовж відстійника двох пакетів нахилених пластин (див. рис. 2.2)

(угол нахилу пластин 60° , ширина пластин $b=0,8$ м, повна висота пакету пластин $H_{пл}=1,5$ м, відстань між верхом пакету й верхньою кромкою пластин $a=0,5$ м, зазор по нормалі між пластинами $h=0,04$ м, матеріал пластин - віконне скло товщиною $\delta=0,004$ м, зазор між торцем стінки та пакетом $\Delta=0,2$ м, $K=1,7$)? Розв'язання. Із формули (2.11) знайдемо середню швидкість:

$$V = \frac{L \cdot U_0}{\alpha \cdot H_0}, \text{ м/с} \quad V = \frac{18 \cdot 0,0005}{1,5 \cdot 1,5} = 0,004 \text{ м/с або } 4 \text{ мм/с}$$

Тоді із формули (2.10) знаходимо навантаження на горизонтальний відстійник

$$Q = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,004 \cdot 3600 = 43,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Знайдемо довжину пакета за формулою (2.12)

$$L_{пл} = 18 - \frac{1,5}{0,866} - 2 \cdot 0,2 = 15,87 \text{ м}.$$

Визначимо довжину пластини пакета полиць за формулою (2.13):

$$l = \frac{1,5 - 0,5}{0,866} = 1,15 \text{ м}.$$

Кількість осередків складе (формула 2.14):

$$n = \frac{15,85}{(0,04 + 0,004)} = 360,23 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 360$ штук.

Площа поперечного перерізу одного осередку знаходимо за формулою (2.15):

$$f = 0,755 \cdot 0,8 \cdot 0,04 = 0,0242 \text{ м}^2.$$

Площу поперечного перерізу усіх осередків визначаємо за формулою (2.16):

$$f_0 = 2 \cdot 360 \cdot 0,0242 = 17,4 \text{ м}^2.$$

Час відстоювання знаходимо за формулою (2.17):

$$T = \frac{0,04}{0,0005 \cdot 0,866} = 92,38 \text{ с}.$$

Максимальну швидкість потоку знаходимо за формулою (2.18)

$$V_{\max} = \frac{1,15}{92,38} = 0,012 \text{ м/с або } 12 \text{ мм/с}$$

Середня швидкість потоку знаходимо за формулою (2.19) де K приймається в залежності від каламутності вихідної води $C_v=150$ мг/л, із додатка В це в межах $1,5 - 2,5$; приймаємо $K=1,7$

$$V_{cp} = \frac{0,012}{1,7} = 0,007 \text{ м/с або } 7 \text{ мм/с}.$$

Навантаження на модернізований відстійник знаходимо за формулою (2.20):

$$Q_{mod} = 0,007 \cdot 17,4 \cdot 3600 = 438,48 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким чином при модернізації навантаження на горизонтальний відстійник зросте в:

$$\frac{Q_{mod}}{Q} = \frac{438,48}{43,2} = 10,15 \text{ разу}.$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Задача. Розрахувати навантаження на горизонтальний відстійник після проведення модернізації, шляхом встановлення вздовж відстійника двох пакетів нахилених пластин (див. рис. 2.2 та 2.3) для освітлення природних вод за даними, що наведені в таблиці та даними з приклада

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Довжина L , м	40	50	60	80	90
Ширина B , м	2	2,5	3	4	6
Висота проточної частини H_o , м	2	3,5	3	2	2,5
Загальна висота у кінці споруди H , м	4	4,5	4	4,5	4
Гідравлічна крупність U_o , мм/с	0,5	0,15	0,13	0,10	0,08
Початкова концентрація C_o , мг/л	50	350	80	200	250
Ширина пластин b , мм	4	5	6	3	4
Повна висота пакету пластин $H_{пл}$, м	1,5	2	1,5	1,5	1,5
Відстань між верхом пакету й верхньою кромкою пластин a , м	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Зазор між торцем стінки та пакетом Δ , м	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
Кут нахилу пластин	60^0	45^0	50^0	60^0	45^0
Товщина матеріалу пластин, мм	3	2,5	4	3	2,5

ЗМ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

ТЕМА 7 СПОРУДИ МЕХАНІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Механічна очистка забезпечує видалення із стічних вод частини нерозчинних домішок. Основними методами механічної очистки стічних вод є проціджування, відстоювання, флотація і мікрофільтрування.

Проціджування через решітки (іноді через сита) дозволяє видалити із стічних вод крупні забруднення (тканину, папір, кістки, залишки фруктів, овочів тощо). В процесі відстоювання стічних вод відбувається їх освітлення шляхом гравітаційного осадження нерозчинних домішок, що мають густину, більшу ніж густина води, і спливання нерозчинних домішок з густиною меншою ніж густина води (жири, масла, нафтопродукти).

Пісок і інші важкі мінеральні домішки затримуються у піскоуловлювачах при короткочасному відстоюванні стічних вод. Основна маса нерозчинних органічних домішок затримується у первинних відстійниках. На відміну від очисних споруд виробничих стічних вод на міських очисних станціях не влаштовуються спеціальні жиро-, нафто- чи смолоуловлювачі. Ці функції виконують первинні відстійники, які обладнуються спеціальними пристроями для збирання і видалення спливаючих домішок.

Флотація - це метод видалення нерозчинних домішок, при якому вони спливають у вигляді флотоагрегатів. Флотоагрегати - це грубо дисперсні частинки, що об'єднані з бульбашками газу (найчастіше - повітря). Споруди для очистки стічних вод флотацією називають флотаційними установками чи флотаційними камерами.

При мікрофільтруванні для відділення нерозчинних домішок стічні води фільтрують через спеціальні сітки, тканину чи фільтруюче завантаження. Основні споруди для очистки стічних вод мікрофільтруванням - це барабанні сітки, мікрофільтри і фільтри із зернистим завантаженням.

Методами механічної очистки можна виділити із стічних вод до 60% нерозчинних домішок. Залишкові нерозчинні домішки надходять на споруди біологічної очистки стічних вод. Вважається, що ефективність зниження БПК_{повн} при механічній очистці (збовтані проби) досягає 20%, хоча, виходячи із наведеної у таблиці 16 [16] питомої кількості забруднень на одного жителя, розрахункова ефективність зниження БПК_{повн} при механічній очистці складає 46,7%.

Механічну очистку як самостійний метод можна використовувати у виключних випадках при скиданні стічних вод у потужні водойми на першому етапі будівництва очисних споруд. У більшості випадків механічна очистка розглядається як попередній етап перед біологічною очисткою стічних вод.

Відстоювання стічних вод використовують для видалення з них нерозчинних завислих (які осідають або спливають) грубодисперсних речовин. Відстійники використовують для попереднього очищення стічних вод, якщо за місцевими умовами потрібна їх біологічна очистка, або як самостійні споруди, коли за санітарними умовами досить достатньо виділити з стічних вод лише механічні домішки.

Робота відстійників полягає у використанні явища осадження (седиментації) частинок зависі під дією сили тяжіння. Осадження частинок може бути вільним чи стисненим. Вільне осадження теоретично можливе лише тоді, коли частинка незмінної форми і розмірів осаджується в необмежено великому об'ємі рідини. Швидкість вільного осадження частинки кулястої форми в умовах ламінарного режиму її обтікання рідиною ($Re \leq 2$) визначається за відомою формулою Стокса, яка враховує ряд чинників, що впливають на процес осадження:

$$u = \frac{d_1^2 \cdot (\rho^1 + \rho^2) \cdot g \cdot k_0}{18 \cdot \mu}, \quad (2.21)$$

де d_1 - діаметр агрегату частки з водою;

$$d_1 = d + 2 \cdot s, \quad (2.22)$$

g - прискорення вільного падіння (м/с).

де s - товщина іммобілізованого шару води; $s = 0,15$ мкм;

k_0 - коефіцієнт щільності суспензії;

$$k_0 = 1 - 2,6 \cdot \sqrt{\frac{c}{\rho}}, \quad (2.23)$$

де ρ' - густина частки, що занурена у воду;

$$\rho' = \frac{\rho_\phi \cdot d^3 + \rho_p \cdot (d_1^3 - d^3)}{d_1^3}, \quad (2.24)$$

де d - середній діаметр часток, м;

c - вміст завислих речовин, кг/м³;

ρ_ϕ, ρ_p - густина відповідно дисперсної фази і рідини, кг/м³;

μ - в'язкість середовища, Па·с.

При проектуванні тонкошарових відстійників приймають кут нахилу пластин $\alpha = 45 \dots 60^\circ$ за [15], відстань між пластинами $h_{яп} = 50 \dots 150$ мм, висоту ярусу пластин (або глибиною блока) $H_{\text{бл}} = 1 \dots 2$ м. Швидкість руху води $v = 5 \dots 10$ мм/с.

Тривалість відстоювання визначають за формулою:

$$T = \frac{h_{яп}}{u \cdot \cos \alpha \cdot 3600}, \text{ год.} \quad (2.25)$$

Довжину зони відстоювання визначають за формулою:

$$l_{\text{оз}} = \frac{v_{\text{min}} \cdot T}{K}, \text{ м,} \quad (2.26)$$

де K - коефіцієнт використання зони відстоювання. Для тонкошарових відстійників можна приймати $K = 0,8$.

Продуктивність одного блоку тонкошарового відстійника розраховують за формулою:

$$q = K \cdot H \cdot B \cdot v, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.27)$$

де H - глибина зони відстоювання, м;

B - ширина блоку, м.

Кількість блоків у тонкошаровому відстійнику визначають за формулою:

$$n = \frac{Q}{q}, \text{ шт.} \quad (2.28)$$

Фактичну довжину пластин можна розрахувати за формулою:

$$l_{\text{пл}} = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ м.} \quad (2.29)$$

Кількість пластин для одного блоку можна знайти за формулою:

$$m = \frac{l_{\text{бл}}}{(h_{яп} + \delta)}, \text{ шт.} \quad (2.30)$$

У практиці проектування і експлуатації первинних відстійників широке розповсюдження набуло використання залежностей ефекту освітлення стічних вод від тривалості їх відстоювання $E = f(t)$ або умовної гідравлічної крупності $E = f(u_0)$

$$E = \frac{100 \cdot (C_{\text{ен}} - C_{\text{сdp}})}{C_{\text{ен}}}, \%, \quad (2.31)$$

де $C_{\text{ен}}$ - початкова концентрація завислих речовин, мг/л;

$C_{\text{сdp}}$ - гранично допустима концентрація завислих речовин в освітлених стічних водах, які надходять в аеротенк, мг/л.

Гідравлічна крупність визначають за формулою:

$$u_0 = \frac{h_1}{t}, \quad (2.32)$$

де h_1 - висота шару рідини, м;

t - час за який завись осяде, с.

Кількість осаду виділеного при відстоюванні визначається з концентрації завислих речовин в воді, яка надходить $C_{\text{ен}}$ та освітленій воді $C_{\text{сdp}}$, використовуючи формулу:

$$\Omega_{\text{mud}} = \frac{Q \cdot (C_{\text{ен}} - C_{\text{сdp}})}{(100 - P_{\text{mud}}) \rho_{\text{mud}} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.33)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, м³/доб;

P_{mud} – вологість осаду, при видаленні насосами $P_{mud}=93,5\%$;

ρ_{mud} – щільність осаду, $\rho_{mud}=1$ г/см³.

Концентрацію завислих речовин розраховують за формулою:

$$C_{cdp} = \frac{C_{en} \cdot (100 - E)}{100}, \text{ мг/л.} \quad (2.34)$$

Концентрацію органічних забруднень (БПК) розраховують за формулою:

$$L_{en} = \frac{L_{en} \cdot (100 - 20)}{100}, \text{ мг/л.} \quad (2.35)$$

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Розрахувати тонкошаровий відстійник для освітлення $Q=500$ м³/год стічних вод з вмістом завислих речовин $C=200$ мг/л, середній розмір часток $d=50$ мкм. Густина твердої фази $\rho_{\phi}=1800$ кг/м³; $\rho_p=1000$ кг/м³; в'язкість води $\mu=2 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Відстань між пластинами $h_{яp}=100$ мм, товщина пластини $\delta=3$ мм, кут нахилу пластини $\alpha=60^\circ$.

Розв'язання. 1. Визначити діаметр частки із шаром води за формулою (2.22):

$$d_1 = 50 + 2 \cdot 0,15 = 50,3 \text{ мкм } 50,3 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

2. Коефіцієнт щільності суспензії за формулою (2.23):

$$k_o = 1 - 2,6 \cdot \sqrt{\frac{0,2}{1500}} = 0,97.$$

3. Густина частки, що занурена у воду визначають за формулою (2.24):

$$\rho = \frac{1500 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^3 + 1000 \cdot [(50,3 \cdot 10^{-6})^3 - (50 \cdot 10^{-6})^3]}{(50,3 \cdot 10^{-6})^3} = 1491.$$

4. Гідрравлічну крупність суспензії визначають за формулою (2.21):

$$u = \frac{(50,3 \cdot 10^{-6}) \cdot (1491 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,97}{18 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 3,28 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

5. Тривалість відстоювання визначають за формулою (2.25):

$$T = \frac{0,1}{3,28 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 3600} = 0,17 \text{ год } \approx 10 \text{ хв.}$$

6. Довжину зони відстоювання визначають за формулою (2.26):

$$l_{\phi a} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \cdot 0,17}{0,8} = 3,285 \text{ м } \approx 4 \text{ м,}$$

де K - коефіцієнт використання зони відстоювання. Для тонкошарових відстійників можна приймати $K=0,8$.

7. Продуктивність одного блоку тонкошарового відстійника розраховують за формулою (2.27). Для розрахунків приймаємо глибину зони відстоювання $H_{\phi a}=1$ м, ширину блока $B=2$ м.

$$q = 0,8 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 28,8, \text{ м}^3/\text{год}$$

8. Кількість блоків, що забезпечують потрібну продуктивність визначають за формулою (2.28):

$$n = \frac{500}{28,8} = 17,3, \text{ шт.} \approx 18 \text{ шт.}$$

9. Фактичну довжину пластин можна розрахувати за формулою (2.29):

$$l_{пл} = \frac{1}{\sin 60^\circ} = 1,15, \text{ м.}$$

10. Кількість пластин для одного блоку можна знайти за формулою (2.30):

$$m = \frac{4000}{(100 + 3)} = 39, \text{ шт.}$$

Приклад 2. Максимальна годинникова витрата первинних радіальних відстійників складає 1914,52 м³/год, середня концентрація забруднень змішувань промислових та побутових стічних вод, які надходять на очисні споруди для завислих речовин складає 228,7 мг/л. Визначити ефект освітлення, кількість осаду виділеного при відстоюванні, концентрацію завислих речовин та органічних забруднень.

Розв'язання. Ефект освітлення розраховуємо за формулою (2.31) при $C_{cdp} = 150$ мг/л.

$$E = \frac{100 \cdot (228,7 - 150)}{228,7} = 34,4 \, \%.$$

Кількість осаду виділеного при відстоюванні визначається по концентрації завислих речовин в воді, яка надходить C_{en} та освітленій воді C_{cdp} , використовуючи формулу (2.33):

$$\Omega_{mud} = \frac{28425,45 \cdot (228,7 - 150)}{(100 - 93,5) \cdot 1 \cdot 10^4} = 34,42 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Вологість осаду, при видаленні насосами дорівнює $P_{mud} = 93,5\%$, а щільність осаду, $\rho_{mud} = 1$ г/см³.

Концентрацію завислих речовин розраховуємо за формулою (2.34):

$$C_{cdp} = \frac{228,7 \cdot (100 - 34,4)}{100} = 150 \text{ мг/л.}$$

Концентрацію органічних забруднень (БПК) розраховуємо за формулою (2.35):

$$L_{en} = \frac{241,42 \cdot (100 - 20)}{100} = 193,14 \text{ мг/л.}$$

Так як, $C_{cdp} = 150$ мг/л, то процес освітлення в інтенсифікації не потребує, тобто немає необхідності у цьому процесі.

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Задача 1. Розрахувати тонкошаровий відстійник для освітлення стічних вод за даними, що наведені в таблиці

Номер варіанта	Q , м ³ /год	C , мг/л	D , мкм	ρ_ϕ , кг/м ³	ρ_p , кг/м ³	$\mu \cdot 10^{-3}$, Па·с	α , град.	$H_{яр}$, мм	δ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	500	200	50	1500	1000	2	45	50	3
2	50	220	150	1200	1000	1	50	55	3
3	150	150	150	1300	1050	1,5	55	60	3

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	200	100	100	1400	980	1,8	60	65	2,5
5	250	250	100	1600	990	1,9	46	70	2,5
6	60	240	95	1550	1000	1,5	51	75	2,5
7	70	230	90	1280	1010	5,4	56	80	4
8	80	210	85	1200	1020	3,8	61	85	4
3	150	150	150	1300	1050	1,5	55	60	3
9	90	190	80	1230	1030	1,6	47	90	4
10	100	180	75	1950	1035	2,5	49	95	3,5
11	110	170	70	1220	1025	3,4	52	100	3,5
12	120	160	65	1960	1015	4	53	105	3,5
13	130	40	60	1420	1050	1,65	54	110	5
14	140	130	55	1990	1080	0,62	55	115	5
15	150	120	105	1680	1070	1,2	57	120	5
16	180	110	110	1270	1018	1	58	125	4,5
17	190	100	115	1220	1020	1,03	59	130	4,5
18	210	125	120	1295	1030	1,54	60	135	4,5
19	220	155	125	1260	990	1,08	44	140	4,2
20	230	165	130	1250	980	1,38	47	145	4,3
21	450	300	60	1320	995	1,15	49	150	3,9
22	400	275	70	1255	1055	2,03	51	68	3,8

Задача 2. Визначити ефект освітлення, кількість осаду виділеного при відстоюванні, концентрацію завислих речовин та органічних забруднень. При наступних вихідних даних:

Номер варіанта	Q , м ³ /год	C_{en} , мг/л	C_{cdp} , мг/л	ρ_{mud} , г/см ³	P_{mud} , %	L_{en} , мг/л	L_{ex} , мг/л
1	2150	200	50	1	93	245	20
2	3565	220	150	1,2	95	450	25
3	4215	150	150	1,3	95	355	15
4	8200	100	100	1	93	260	15
5	6250	250	100	1	93	246	20
6	1760	240	195	1,5	95	351	25
7	1870	230	190	1,2	95	256	20
8	1980	210	185	1,2	93	261	25
9	2190	190	80	1	93	347	20
10	3100	180	75	1	93	149	25
11	4110	170	70	1,1	95	252	10
12	1120	160	65	1,1	95	253	15
13	4130	140	60	1,4	95	354	11
14	5140	130	55	1	95	355	15
15	6150	120	105	1	93	257	20
16	9180	110	110	1,2	93	258	25
17	2190	100	115	1,2	93	359	10
18	3210	125	120	1,2	95	360	15
19	4220	155	125	1	95	344	14
20	5230	165	130	1	93	247	15
21	6450	300	160	1,3	93	249	15
22	7400	275	170	1,2	95	251	20

ТЕМА 8 СПОРУДИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Біологічна очистка стічних вод застосовується для видалення із стічних вод основної маси органічних забруднень, що знаходяться у розчинній, колоїдній і нерозчинній формі (тих, що лишилися у стічних водах після механічної очистки). Однак існують технології, у яких попереднє освітлення стічних вод не здійснюється, тобто на біологічну очистку надходять всі забруднення, що знаходяться у стічних водах.

Біологічна очистка стічних вод полягає у мінералізації (окисленні) органічних забруднень аеробними мікроорганізмами, для яких ці речовини є джерелом живлення. При очистці міських стічних вод використовуються тільки аеробні методи біологічної очистки; при очистці висококонцентрованих виробничих стічних вод можна застосовувати як аеробні, так і анаеробні методи.

Споруди для біологічної очистки стічних вод поділяють на дві групи:

1. Споруди, в яких біологічна очистка стічних вод відбувається в умовах, близьких до природних (природна очистка стічних вод): поля фільтрації, поля зрошення і біологічні ставки;

2. Споруди, в яких біологічна очистка стічних вод відбувається в штучно створених умовах (штучна біологічна очистка стічних вод): біофільтри, аеротенки, а також комбіновані споруди.

Біологічна очистка стічних вод може бути повною чи неповною. При повній біологічній очистці залишкова БПК_{повн} стічних вод складає 15 – 20 мг/л. При цьому із міських стічних вод видаляється більше 85% органічних забруднень. При неповній біологічній очистці залишкова БПК стічних вод перевищує 20 мг/л, а концентрації органічних забруднень знижуються на 50 – 75%.

Традиційні споруди для штучної біологічної очистки стічних вод (аеротенки, біофільтри) у кращому випадку забезпечують зниження БПК_{повн} до 15 мг/л, менших концентрацій досягнути практично неможливо. В тих випадках, коли необхідна БПК_{повн} менша 15 мг/л, стічні води доочищують.

Технологічний контроль за процесами біологічної очистки складається у оцінки вимірювань у складі води після очистки, а також кількісних та якісних показників.

Біогенні елементи. Азот і фосфор є необхідними компонентами клітинного матеріалу для всіх організмів. Азот входить до складу речовини клітини у відновленій, а фосфор – в окисленій формі. Інші елементи, необхідні для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів (наприклад, мікроелементи), зазвичай присутні в стічних водах у достатній кількості.

Нестача азоту та фосфору у воді призводить до різкого порушення процесу біологічної очистки стічних вод, зниження фізіологічної активності мікроорганізмів і інтенсивності окислення забруднень стічних вод. Крім того, при нестачі біогенних елементів у біоценозі з'являється значна кількість ниткових форм бактерій і погіршується осаджуваність активного мулу.

Потрібна кількість біогенних елементів залежить від величини приросту біомаси, що в свою чергу, залежить від виду окислюваної речовини, виду мікроорганізмів, фази розвитку цих мікроорганізмів та ін.

Для міських стічних вод потреба в біогенних елементах визначається з

співвідношення БПК : N : P = 100 : 5 : 1. Як правило, вказане співвідношення забезпечують біогенні елементи, наявні в цих стічних водах.

Для стічних вод деяких виробництв вміст біогенних елементів може виявитись недостатнім для нормальної експлуатації споруд біологічної очистки. Тому в стічні води в таких випадках вносять спеціальні біогенні добавки. В якості біогенних добавок застосовують різноманітні водорозчинні солі й інші сполуки: сульфат і нітрат амонію, сечовину, аміачну воду, амофос, суперфосфат, ортофосфорну кислоту тощо.

У наш час на більшості очисних споруд спільна біологічна очистка виробничих і побутових стічних вод. При цьому можливе використання азоту і фосфору, що містяться в побутових стічних водах і покриття таким чином частини потреб у цих елементах, необхідних для очистки виробничих стічних вод. Розглянемо блок-схему класичного процесу біологічної очистки в аеротенку, зображену на рисунку 2.4. Відповідно до схеми активний мул подається зосереджено на початок аеротенка, куди також подається стічна вода, що пройшла освітлення в первинному відстійнику. У результаті змішування стічної води з активним мулом утворюється так звана мулова суміш, у процесі руху якої до виходу з аеротенка і безперервної аерації відбуваються біохімічні процеси очистки стічних вод. Далі мулова суміш надходить у вторинний відстійник де відбувається її гравітаційне розділення на біологічно очищену стічну воду й активний мул, який осідає та ущільнюється в нижній частині відстійника. Ущільнений мул, який насосом подається на початок аеротенка, де знову залучається в процес очистки стічних вод, називають рециркуляційним чи зворотнім активним мулом. Збільшення маси мулу в процесі очистки називають приростом мулу, який виводиться із системи у вигляді надлишкового активного мулу.

Введемо позначення: L_{en} і L_{ex} - відповідно БПК_{повн} стічних вод на вході та на виході з аеротенка, мг/л; $Q_{доб}$ - розрахункова добова витрата очищуваних стічних вод, м³/добу; S - зольність мулу, частка одиниці; W - об'єм аеротенка, м³, M - маса сухої речовини активного мулу, вміщеної в аеротенку, кг.

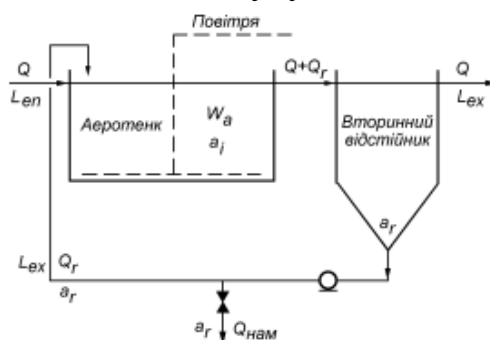


Рисунок 2.4 – Блок-схема процесу біологічної очистки стічних вод в аеротенках

Концентрацією активного мулу в аеротенку (дозою мулу) називають кількість сухої речовини активного мулу (M), що припадає на одиницю об'єму аеротенка (W), і виражають у г/л чи в кг/м³

$$a = \frac{M}{W}, \text{ г/л.} \quad (2.36)$$

Тривалість аерації стічних вод визначається як відношення об'єму аеротенка до витрати очищуваних стічних вод:

$$t = \frac{24W}{Q_{доб}}, \text{ год.} \quad (2.37)$$

Із всієї маси органічних речовин, яка надходить в аеротенк із стічними водами ($L_{en} \cdot Q_{доб}$), частина ($Q_{доб}(L_{en} - L_{ex})$) – окислюється активним мулом, а інша частина ($L_{en} \cdot Q_{доб}$) виноситься з аеротенка разом із очищеними стічними водами.

Якщо величина навантаження (Н) характеризує кількість поданих забруднень, то окислюючу потужність (ОП) оцінюють кількістю знятих перероблених забруднень:

$$ОП = Н \cdot E_{БПК} \text{ г БПК/м}^3 \cdot \text{сут}, \quad (2.38)$$

де $E_{БПК}$ – ефективність очистки води з БПК у долях одиниці; одиниці вимірювань у ОП і Н однакові: БПК на 1 г безольної речовини на добу або г БПК/м³·сут).

Кількість надлишкового активного мулу, що утворюється на очисних станціях з аеротенками, визначають за формулою:

$$P = 0,8C_{зав.аер.} + K \cdot L_{ex} \text{ мг/л}, \quad (2.39)$$

де $C_{зав.аер.}$ – концентрація завислих речовин у стічній воді, що надходить у аеротенки, мг/л;

K – коефіцієнт приросту, що для міських стічних вод приймають рівним 0,3;

L_{ex} – БПК_{повн} стічних вод, що надходять у аеротенки, мг/л.

Ефект очистки стічних вод активним мулом визначається у відсотках як відношення зменшення значення БПК_{повн} стічних вод (знятої БПК_{повн}) до початкового значення БПК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенки:

$$E = \frac{L_{en} - L_{ex}}{L_{en}} \cdot 100, \% \quad (2.40)$$

Ефект біологічної очистки може оцінюватись також і за зменшенням концентрацій інших забруднень, що містяться в стічних водах, - завислих речовин, сполук азоту й фосфору тощо, подаватись в розрахунок на БПК₅ чи ХПК.

Ефект очистки стічних вод залежить від співвідношення кількості забруднень, що надходять в аеротенк, і здатності активного мулу до окислення цих забруднень. Як відомо з попередніх розділів, здатність активного мулу до окислення органічних забруднень характеризується швидкістю їх окислення.

За постійної швидкості надходження забруднень збільшення швидкості їх окислення призводить до збільшення ефекту очистки і навпаки. Таким чином, ефект очистки буде визначатись співвідношенням швидкостей надходження та біохімічного окислення забруднень. Якщо віднести ці швидкості до одиниці маси активного мулу, то в цьому випадку ефект очистки буде визначатись відношенням питомої швидкості надходження забруднень, чи, як прийнято називати, навантаженням на активний мул, до питомої швидкості окислення забруднень активним мулом.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Визначити потребу в біогенних добавках, якщо витрата стічних вод $Q=10$ тис. м³/добу, $БПК_n=350$ мг/л, концентрація амонійного азоту в стічних водах, що надходять в аеротенк 10 мг/л, концентрація фосфатів (за Р₂О₅) 2 мг/л, нітрати і нітрити відсутні.

Розв'язання. Для нормального проходження процесу БХО співвідношення $БПК_n : N : P = 100 : 5 : 1$

$$\text{При } БПК_n=350 \text{ мг/л} \quad P_{тр}=3,5 \text{ мг/л} \quad N_{тр}=17,5 \text{ мг/л}$$

Недолік азоту і фосфору компенсується введенням біогенних добавок. Дефіцит азоту мг/л ($N_{св}=10$ мг/л - вміст азоту в стічних водах), дефіцит фосфору мг/л ($P_{св}=2$ мг/л - вміст фосфору в стічних водах). З урахуванням витрати стічних вод, потреба в азоті –

$$G_N = \frac{\Delta N \cdot Q}{1000} = \frac{7,5 \cdot 10000}{1000} = 75 \text{ кг/добу};$$

у фосфорі –

$$G_P = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000} = \frac{1,5 \cdot 10000}{1000} = 15 \text{ кг/добу}.$$

Приклад 2. Скільки мулу утворюється при біологічній очистці стічних вод і яку кількість повітря необхідно додати в аеротенк для виконання вимог нормативу?

Експлуатаційні вимоги процесу підготовки активного мулу для обробки міських стічних вод наступні. Витрата стічних вод 40 тис. м³/добу, вихідний вміст завислих речовин 90 г/м³, $БПК_{полн}$ (L_{en}) у вихідних стічних водах 300 г/м³, $БПК_{повн}$ стічних вод, що скидають - 15 г/м³ (норматив).

Розв'язання. За формулою (2.39) приріст мулу складе:

$$P = 0,8 \cdot 90 + 0,3 \cdot 300 = 162 \text{ мг/л},$$

або з урахуванням продуктивності станції

$$\frac{40000 \cdot 162}{106} = 6,48 \text{ т/добу}.$$

Витрату повітря при пневматичній системі аерації підрахуємо з відношення до 1 кг знятої $БПК_{повн}$. Усунення $БПК_{повн}$ складає:

$$40000 \cdot (300 - 15) \cdot 10^{-3} = 11400 \text{ кг/добу}.$$

Для міських стічних вод при дрібнопузирчастій системі аерації витрачається 50 кг повітря на 1 кг знятої $БПК_{повн}$. Щільність повітря при стандартних температурі та тиску дорівнює 1,203 кг/м³. Тоді загальна потреба в повітрі для станції біохімічної очистки буде дорівнювати

$$\frac{11400 \cdot 50}{1,203} = 473815,5 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Задача 1. Визначити потребу в біогенних добавках, концентрація амонійного азоту в стічних водах, що надходять у аеротенк 10 мг/л, концентрація фосфатів (з Р₂О₅) 2 мг/л, нітрати і нітрити відсутні. При наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, тис. м ³ /добу	32	48	50	25	16
БПК _п	300	320	400	350	250

Задача 2. Скільки мулу утворюється при біологічній очистці стічних вод і яку кількість повітря необхідно додати в аеротенк для виконання вимог нормативу?

Експлуатаційні вимоги процесу підготовки активного мулу для обробки міських стічних вод наступні.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, тис. м ³ /добу	42	38	30	45	46
БПК _п (L_{en})	300	320	150	350	250
Вміст завислих речовин, г/м ³	100	150	170	95	110

ТЕМА 9 СПОРУДИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ, ЗНЕВОДНЕННЯ ТА СУШКИ ОСАДУ

При очистці чи доочистці стічних вод будь-яким із розглянутих методів утворюються **осади** (шлами), в яких сконцентрована основна маса домішок і забруднень, вилучених із стічних вод.

Крупні забруднення з решіток вивозяться на звалища, спалюються, або після подрібнення спрямовуються в метантенки для наступного зброджування разом з іншими осадами очисної станції. Осад із піскоуловлювачів, що вміщує пісок і інші мінеральні домішки, подається на піскові майданчики де зневоднюється в природних умовах і далі вивозиться для утилізації.

Сирий осад первинних відстійників вміщує до 60 % всіх нерозчинних домішок стічних вод. Вміст органічної речовини у сирому осаді складає в середньому 30 %. У сирому осаді міститься велика кількість яєць гельмінтів і хвороботворних бактерій. При біологічній очистці стічних вод в аеротенках утворюється надлишковий активний мул, а на біофільтрах – надлишкова біоплівка. У складі сухої речовини цих осадів 70 – 80 % – це органічна речовина, з якої приблизно половина - це білкові продукти. Значна кількість осадів утворюється при фізико-хімічній очистці стічних вод. Крім забруднень, що вилучаються із стічних вод, такі осади містять також ще і гідроксиди алюмінію чи заліза, інші сполуки, що утворюються в процесі реагентної обробки.

Сирий осад первинних відстійників, надлишковий активний мул і надлишкова біоплівка легко загнивають з утворенням неприємних запахів, надзвичайно небезпечні у санітарно-відношенні, погано зневоднюються, мають високу вологість, значні об'єми і тому потребують спеціальної обробки, передусім стабілізації. Загальна кількість осадів, що утворюються на міських очисних станціях, складає 1-3% від витрати очищуваних стічних вод.

Основними методами обробки осадів міських стічних вод є їх ущільнення, стабілізація, кондиціонування, зневоднення, термічне сушіння і спалювання.

Кількість і вологість осадів залежать від типу, режиму експлуатації та ефективності роботи споруд для механічної і біологічної очистки міських стічних вод, а також кількості й виду виробничих стічних вод, що очищають разом із господарсько-побутовими стічними водами.

Зміна об'єму осаду в наслідок зміни його вологості

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(100 - W_1)}{(100 - W_2)}, \quad (2.41)$$

де V_1 і V_2 – об'єм осаду при вологості відповідно W_1 і W_2 . Формула дійсна для осадів вологістю 75-100%. Концентрація сухої речовини в осаді

$$C_{\text{сух}} = 1 - \frac{W}{100} \text{ т/м}^3, \quad (2.42)$$

де W – вологість осаду, %.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Розрахувати, яку частину мулу з об'єму видаляють у вигляді фугату, і визначити якість фугату, якщо на центрифугування подають мул вологістю 96,8 %. Вологість зневодненого мулу 80 %, ефективність затримання зависі 28 %.

Розв'язання. Розрахунок слід виконувати стосовно до 1 м³ осаду.

Концентрація сухої речовини в осаді

$$C_{\text{сух}}^{\text{вих}} = 1 - \frac{W_{\text{вих}}}{100} \text{ т}, \quad C_{\text{сух}}^{\text{вих}} = 1 - \frac{96,8}{100} = 0,032 \text{ т},$$

тобто в 1 м³ вихідного мулу було 32 кг сухої речовини. У вигляді зневодненого мулу отримано сухої речовини

$$M_{\text{сух}}^{\text{знев}} = C_{\text{сух}}^{\text{вих}} \cdot E \text{ кг}, \quad M_{\text{сух}}^{\text{знев}} = 32 \cdot 0,28 = 8,96 \text{ кг}.$$

Концентрація сухої речовини в зневодненому осаді

$$C_{\text{сух}}^{\text{знев}} = 1 - \frac{W_{\text{знев}}}{100} \text{ т},$$
$$C_{\text{сух}}^{\text{знев}} = 1 - \frac{80}{100} = 0,2 \text{ т}.$$

Об'єм цього мулу при його вологості 80 %, тобто вмісті сухої речовини 200 кг/м³ складає

$$V_{\text{знев}} = \frac{M}{C_{\text{сух}}^{\text{знев}}} \text{ м}^3, \quad V_{\text{знев}} = \frac{8,96}{200} = 0,0448 \text{ м}^3.$$

Якщо з 1 м³ оброблюваного мулу отримують 0,0448 м³ зневодненого продукту, то фугата отримаємо

$$V_{\phi} = 1 - 0,0448 = 0,9552 \text{ м}^3,$$

що складає 95,5 % початкового об'єму мулу.

У отриманому фугаті міститься сухої речовини

$$M_{\text{сух}}^{\phi} = 32 - 8,96 = 23,04 \text{ кг}.$$

Концентрація фугата за завислими речовинами складає

$$C_{\phi} = \frac{23,04}{0,9552} = 24,1 \text{ кг/м}^3 \text{ або } 24,1 \text{ г/дм}^3.$$

При концентрації сухої речовини у фугаті 24,1 г/дм³ його вологість дорівнює:

$$W_{\phi} = (1 - 0,0241) \cdot 100 \approx 97,6 \text{ \%}.$$

У результаті центрифугування утворилось більше 95 % фугату за об'ємом від об'єму відпрацьованого мулу з якістю, практично близькою до вихідного

мулу. Вологість фугату всього на 0,8 % вище вологості мулу, що подано на центрифугування. У схемі споруд треба передбачити систему з обробки або використання фугату.

Приклад 2. Визначити вологість осаду після видалення мулової води, якщо на мулові майданчики з поверхневим відводом води подано осад вологістю 97,4 %. Після відстоювання видалена мулова вода в об'ємі 50 % початкового об'єму осадів з концентрацією зависі в ній 1 г/дм³.

Розв'язання. Розрахунок слід виконувати стосовно до 1 дм³ осаду. При вологості 97,4% вміст сухої речовини складає за формулою (2.42)

$$C_{\text{сух}} = 1 - \frac{97,4}{100} = 0,026 \text{ кг.}$$

Після видалення відстоюної води об'єм осаду зменшиться в 2 рази, тобто став рівним 0,5 дм³. Видалено мулової води також 0,5 дм³ зі вмістом у ній сухої речовини 0,5 г. Тоді, в 0,5 дм³ осаду залишилось сухої речовини $M_{\text{сух}} = 26 - 0,5 = 25,5 \text{ г}$, а в перерахунку на 1 дм³ - 51 г/дм³. При концентрації сухої речовини 51 г/дм³ вологість осаду складе

$$W_{\text{знев}} = (1 - C_{\text{сух}}^{\text{знев}}) \cdot 100 = (1 - 0,051) \cdot 100 = 94,9 \text{ \%}.$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Задача 1. Розрахувати, яку частину мулу з об'єму видаляють у вигляді фугату, і визначити якість фугату при наступних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вологість мулу, %	99,6	98,6	97,4	96,8	94,2
Вологість зневодненого мулу, %	80	86	85	85	86
Ефективність затримання зависі, %	28	30	27	32	25

Задача 2. Визначити вологість осаду після видалення мулової води при наступних даних

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Осад вологістю, %	99,6	98,6	97,4	96,8	94,2
Видалена мулова вода в об'ємі від початкового об'єму, %	50	60	40	50	60
Концентрація зависі в муловій воді, г/дм ³	1	1,2	1,4	1	1,2

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хоружий П. Д. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации : Справочник / П. Д. Хоружий, А. А.Ткачук, П. И. Батрак. – Київ : Будівельник, 1993. – 232 с.
2. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения : Справочник [Под ред. В. Д. Дмитриева и Б. Г. Мишукова]. – Ленинград: Стройиздат, 1986. – 383 с.
3. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України, Державний комітет України по житлово-комунальному господарству Наказ від 05.07.1995 №30 [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95> – 148 с.
4. Рудник В. П. Эксплуатация систем водоснабжения / В. П. Рудник, П. И. Петимко и др. – Київ : Будівельник, 1983. – 184 с.
5. Рудник В. П. Эксплуатация систем канализации / В. П. Рудник, П. И. Петимко и др. – Київ : Будівельник, 1984. – 128 с.
6. Кигель Е. М. Приемка и наладка канализационных сооружений / Е. М. Кигель, Г. П. Милаенко, М. Е. Кигель. – Київ : Будівельник, 1971. – 159 с.
7. Шифрина С. М. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения : под ред. проф.. В.Д.Дмитриев. – Ленинград: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1976. – 320 с.
8. Петимко П. І. Налагодження роботи систем водопостачання / П. І. Петимко, І. Т. Прокопчук, М. Ф. Царик. – Київ : Урожай, 1995. – 255 с.
9. Гороновский И. Т. Эксплуатация станций подготовки хозяйственно-питьевой воды / И. Т. Гороновский, Г. Г. Руденко. – Київ : Будівельник, 1975. – 236 с.
10. Кигель Е. М. Эксплуатация канализационных очистных сооружений / Е. М. Кигель. – Київ : Будівельник, 1971. – 144 с.
11. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач [2-е изд, перераб. и доп.] – Київ : Вища шк., 1986. – 352 с.
12. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування ДБН В.2.5 - 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
13. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
14. Айрапетян Т.С. Методы интенсификации работы горизонтальных отстойников // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2014.– Вип. 254.– С. 220-223.

15. Демура В. М. Проектирование тонкослойных отстойников / В. М. Демура. – Київ : Будівельник, 1981. – 52 с.
16. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 134 с.
17. Лихачев Н. И. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин, В. Н. Самохина и др. Справочник проектировщика. – Москва : Стройиздат, 1981. – 639 с.
18. Ласков Ю. М. Примеры расчетов канализационных сооружений / Ю. М. Ласков и др. : [Учебное пособие для вузов]. – Москва : Стройиздат, 1987. – 255 с.
19. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. – 622 с.
20. Цифровий репозиторій ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eprints.kname.edu.ua>.
21. Центр дистанційного навчання ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cdo.kname.edu.ua>

Доза безводного коагулянту для обробки каламутних вод
(таблиця 15 [12])

Каламутність води, НОК (мг/дм³)	Доза безводного коагулянту для обробки мутних вод, мг/дм³
До 172 (100) включ.	25 – 35
Від 172 (100) до 345 (200) включ.	30 – 40
Від 345 (200) до 690 (400)	35 – 45
Від 690 (400) до 1034 (600)	45 – 50
Від 1034 (600) до 1379 (800)	50 – 60
Від 1379 (800) до 1724 (1000)	60 – 70
Від 1724 (1000) до 2586 (1500)	70 – 80

Примітки

1. Менші значення доз відносяться до води, яка містить грубо-дисперсну завись.
2. Допускається застосування інших коагулянтів крім вказаних в п.10.4.2 в тому числі полімерних, дози яких необхідно встановлювати на основі наукових досліджень з урахуванням рекомендацій виробника.
3. При використанні процесу контактної коагуляції безпосередньо в товщі фільтруючого завантаження фільтрів, орієнтовну дозу коагулянту слід приймати на 10-15 % менше вказаної в таблиці 15 і визначеної за формулою (5) [12].

Швидкість осідання суспензії у відстійнику залежно від способу обробки
(таблиця 16 [12])

Характеристика оброблюваної води та спосіб обробки	Швидкість u_0 осідання суспензії, яка затримується відстійниками, мм/с
Малокаламутні забарвлені води, оброблені коагулянтом	0,35 – 0,45
Води середньої каламутності, оброблені коагулянтом	0,45 – 0,5
Каламутні води, оброблені: коагулянтом	0,5 – 0,6
флокулянтом	0,2 – 0,3
Каламутні води, не оброблені коагулянтом	0,08 – 0,15

Примітки

1. У випадку застосування флокулянтів при коагулюванні води швидкості осідання суспензії потрібно збільшувати на 15 – 20 %.
2. Нижні межі u приймають для питних водопроводів.

**Рекомендовані значення швидкостей потоку в залежності від
концентрації зависі**
(таблиця 11 [15])

Характеристика суспензії	Концентрація зависі, C_v, мг/л	Швидкість потоку $V_{\max} = V_{\text{ср}}$
Слабкоконцентровані	50	1,5
Середньої концентрації	50 – 500	1,7
Високої концентрації	500 – 5000	2
Вельми високої концентрації (осаду, пульпи)	5000	2,5

Навчальне видання

Методичні вказівки
до самостійного вивчення, практичних занять та
виконання контрольної роботи
з навчальної дисципліни

**«ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД ВОДОПРОВІДНО-
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання, спеціальності 192 – Будівництво
та цивільна інженерія, спеціалізація «Водопостачання та водовідведення»)*

Укладачі: **БЛАГОДАРНА** Галина Іванівна,
АЙРАПЕТЯН Тамара Степанівна,
ЯРОШЕНКО Юрій Вадимович

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2016, поз. 122 М

Підп. до друку 11.07.2017
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 1,6
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.